

明 細 書  
1AP2003000000 20 APR 2000

## 内燃機関の排気ガス還流装置

## 技術分野

本発明は、内燃機関の排気ガス還流装置に関する。

## 背景技術

ディーゼルエンジンのような内燃機関においては、排気ガス浄化、特に、窒素酸化物の排出削減のためには、該排気ガス還流制御が重要となる。従来の排気ガス還流装置としては、例えば、特開2003-83034号公報、特許第3329711号公報、特表2003-516496号公報に記載されているように、所定の排気ガス還流率となるように、排気ガス還流弁の開度を制御していた。

## 発明の開示

しかしながら、排気ガス還流弁の開度を制御する従来の方式では、内燃機関の運転領域全て、特に、過渡的な運転条件変化に対して、排気ガス中の有害物質低減のため、排気ガス還流率を急変する必要が生じた場合、適正な制御を行うことが困難であるという問題があった。

本発明の目的は、内燃機関の排気ガス還流流量制御の応答速度及び精度の向上した排気ガス還流装置を提供することにある。

(1) 上記目的を達成するために、本発明は、内燃機関の排気ガス還流通路の還流流量を制御する還流ガス制御弁と、内燃機関の吸気通路の流量制御する吸気制御弁とを備えた内燃機関の排気ガス還流装置であって、前記吸気通路の流量を検出する吸気量検知器と、前記排気ガス還流通路の排気ガス還流流量を検出する還流量検知器と、前記吸気流量検知器と前記還流流量検知器の出力に基いて求められた排気ガス還流率が目標の還流率となるように、前記吸気制御弁及び／または前記還流ガス制御弁をフィードバック制御する制御手段を備えるようにしたものである。

かかる構成により、内燃機関の排気ガス還流流量制御の応答速度及び精度を向上し得るものとなる。

(2) 上記(1)において、好ましくは、前記制御手段は、前記環流率の目標値が急激に変化した場合には、前記吸気制御弁及び前記還流ガス制御弁の内、応答性の早い方の弁をフィードバック制御するようにしたものである。

(3) 上記(1)において、好ましくは、前記還流ガス制御弁開度と、前記吸気制御弁開度と、前記環流率との組合せ状態によって定義される3次元マップを複数個備え、前記制御手段は、内燃機関の運転状態に応じた前記3次元マップを選択し、前記吸気流量検知器と前記還流流量検知器の出力に基いて求められた排気ガス環流率が目標の環流率となるように、前記吸気制御弁及び／または前記還流ガス制御弁を制御するようにしたものである。

(4) 上記(2)において、好ましくは、前記制御手段は、前記環流率の目標値が急激に変化した場合には、前記吸気制御弁及び前記還流ガス制御弁の内、応答性の早い方の弁を制御するようにしたものである。

(5) 上記(1)において、好ましくは、前記排気ガス還流量検知器は、前記排気ガス還流通路の少なくとも2地点以上の圧力差を基に環流量を検出する検知器若しくは前記排気ガス還流通路の質量流量を検出する検知器であり、前記吸気量検知器は、前記吸気通路の少なくとも2地点以上の圧力差を基に吸気量を検出する検知器若しくは前記吸気通路の質量流量を検出する検知器としたものである。

(6) 上記(1)において、好ましくは、前記吸気制御弁が、電子制御方式のスロットルアクチュエータとしたものである。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置を用いたエンジンシステムの構成について説明する。

図2は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置の制御系のブロック図である。

図3は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置における排気ガス環流コントローラの制御内容を示すフローチャートである。

図4は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置において、エンジンの吸気側の吸気流量制御弁から排気側のターボチャージャーのタービンまでをモデル化した図である。

図5は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる還流ガス流量検出器の第1の構成を示す部分断面図である。

図6は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる還流ガス流量検出器の第2の構成を示す部分断面図である。

図7は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる吸気流量制御弁の駆動方式の違いによる特性を示す図である。

図8は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる吸気流量制御弁の駆動方式の違いによる特性を示す図である。

図9は、本発明の他の実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置の制御系のブロック図である。

図10は、本発明の他の実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いるマップの構成図である。

図11は、本発明の他の実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置における排気ガス環流コントローラの制御内容を示すフローチャートである。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、図1～図8を用いて、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置の構成及び動作について説明する。

最初に、図1を用いて、本実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置を用いたエンジンシステムの構成について説明する。ここでは、ディーゼルエンジンの構成を例として説明する。

図1は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置を用いたエンジンシステムの構成について説明する。

エンジンに吸入される空気は、エアクリーナ1において吸気中の塵を除去される。そして、吸気流量検出器2によって、吸気流量G1が検出される。検出された吸気流量G1の信号は、エンジンコントロールユニット（ECU）21及び排

気ガス環流コントローラ（EGRCONT）20に入力する。吸気は、ターボチャージャーのコンプレッサ3にて加圧され、吸気管4を通過し、吸気流量制御弁5で流量若しくは圧力が制御される。吸気は、さらに、吸気マニホールド6に流入し、エンジン7の各気筒に分配される。

吸気流量制御弁5の開度は、排気ガス環流コントローラ20から出力される吸気流量制御信号CTHによって制御される。吸気流量制御弁5は、例えば、バタフライ式の弁であり、バタフライ弁の開度信号が検出され、開度信号 $\theta$ THとして、排気ガス環流コントローラ20に取り込まれる。

エンジン7に設けられた燃料噴射弁19からは、エンジン7のシリンダに燃焼用燃料が供給される。燃料噴射弁19への燃料供給は、燃料配管18を介して燃料ポンプ17が行われる。また、燃料噴射弁19の噴射量は、ECU21によって制御され、ECU21は、燃料噴射量信号FINJを燃料噴射弁19に供給する。

エンジン7で燃焼が終了した排気は、排気マニホールド8により集合され、ターボチャージャーのタービン9を通過した後、触媒10、排気管11を通過して大気中に排気される。排気マニホールド8には分岐部12が設けられており、エンジン7からの排気ガスの一部が分岐される。分岐された排気ガスは、還流ガスとして、還流管13aで導かれる。環流管13aには、還流ガス冷却器14が設けられている。還流ガス冷却器14によって冷却された還流ガスは、還流管13b、還流ガス制御弁16を通過し、吸気マニホールド6に還流する。

還流ガス制御弁16の開度は、排気ガス環流コントローラ20から出力される環流ガス制御弁16の開度制御信号CEGによって制御される。環流ガス制御弁16は、例えば、シートバルブ式の弁であり、シートバルブのストローク量が検出され、ストローク信号STEGとして、排気ガス環流コントローラ20に取り込まれる。環流ガス制御弁16として、例えば、バタフライ式の弁を用いる場合には、バタフライ弁の開度信号が、排気ガス環流コントローラ20に取り込まれる。

還流管13bには、還流ガス流量検出器15が設けられており還流管内部を流れる還流ガス流量G2を測定する。測定された環流ガス流量G2は、排気ガス環流コントローラ20に入力する。なお、還流ガス冷却器14は、還流ガスの温度を下げるため設けられているが、省略することも可能である。

ECU 21には、エンジン7の回転数信号NEや、吸気流量検出器2からの吸気流量信号G1等のほか図示されないエンジンや車両の状態を示す信号が入力する。ECU 21は、これらの信号に基づいて演算等を行い、各種デバイスへ制御指令値として各種デバイスに送る。ECU 21は、エンジン7の回転数信号NEや吸気流量信号G1等の信号に基づいてエンジン7の運転状態を判定する。ECU 21は、この運転状態に応じて、還流ガス還流率指令値RSETを排気ガス環流コントローラ20に出力する。

排気ガス環流コントローラ20は、吸気流量G1と環流ガス流量G2とから排気ガスの環流率Rを求める。そして、排気ガス環流コントローラ20は、求められた環流率Rが還流ガス還流率指令値RSETと一致するように、吸気流量制御弁5および／または還流ガス制御弁16の開度をフィードバック制御する。すなわち、本実施形態では、排気ガスの環流量が目標値となるように、還流ガス制御弁16だけでなく、吸気流量制御弁5をも制御する点に特徴がある。

次に、図2及び図3を用いて、本実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置における排気ガス環流コントローラの制御内容について説明する。

図2は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置の制御系のブロック図である。図3は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置における排気ガス環流コントローラの制御内容を示すフローチャートである。なお、図1と同一符号は、同一部分を示している。

図2に示すように、排気ガス環流コントローラ20には、ECU 21が出力する還流ガス還流率指令値RSET、吸気流量検出器2によって検出された吸気流量信号G1及び還流ガス流量検出器15によって検出された還流ガス流量G2が入力する。排気ガス環流コントローラ20は、排気ガスの環流率Rが目標値RSETとなるように、還流ガス制御弁16に開度制御信号CEGを出力し、吸気流量制御弁5に吸気流量制御信号CTHを出力し、これらの弁16、5を制御する。なお、排気ガス環流コントローラ20は、排気ガスの環流率Rを、吸気流量信号G1及び還流ガス流量G2から、 $(G2 / (G1 + G2))$ として算出する。

なお、以下の説明において、吸気流量制御弁5の応答性が、還流ガス制御弁16の応答性よりも早いものとする。具体的には、吸気流量制御弁5は、例えば、

ボア径が50φのバタフライ弁とし、還流ガス制御弁16が、例えば、シート径が30φのシート弁とすると、このとき、吸気流量制御弁5の応答性が、還流ガス制御弁16の応答性よりも早いものとなる。

次に、図3を用いて、排気ガス環流コントローラの制御内容について説明する。なお、以下の制御内容は、全て排気ガス環流コントローラ20によって実行される。

図3のステップs100において、排気ガス環流コントローラ20は、吸気流量信号G1及び還流ガス流量G2から、排気ガスの環流率Rを、 $(G2 / (G1 + G2))$ として算出する。

次に、ステップs110において、ECU21から入力した排気ガスの環流率Rの目標値RSETの変化分 $\Delta RSET$ が、予め設定されている基準値 $\Delta R0$ よりも大きいか否かを判定する。変化分 $\Delta RSET$ が、基準値 $\Delta R0$ よりも大きい場合には、ステップs120に進み、そうでない場合にはステップs150に進む。すなわち、ステップs110では、排気ガスの環流率Rの目標値RSETが大きく変化したか否かを判定する。内燃機関の過渡的な運転条件変化があり、排気ガス中の有害物質低減のため、排気ガス還流率を急変する必要が生じたか否かを判定する。

変化分 $\Delta RSET$ が基準値 $\Delta R0$ よりも大きい場合、すなわち、排気ガス還流率を急変する必要が生じた場合には、ステップs120において、ステップs110で算出された排気ガスの環流率Rが、排気ガスの環流率Rの目標値RSETと等しいか否かを判定する。

環流率Rが目標値RSETより大きい場合には、ステップs130において、吸気流量制御弁5に出力する開度制御信号CTHを減少させ、吸気流量制御弁5の開度が小さくなるように制御する。そして、ステップs120に戻り、環流率Rが目標値RSETに等しくなるまで繰り返される。

一方、環流率Rが目標値RSETより小さい場合には、ステップs140において、吸気流量制御弁5に出力する開度制御信号CTHを増加させ、吸気流量制御弁5の開度が大きくなるように制御する。そして、ステップs120に戻り、環流率Rが目標値RSETに等しくなるまで繰り返される。

以上のように、ステップs120、s130、s140の処理を繰り返すことに

より、環流率 $R$ が目標値 $R_{SET}$ に等しくなるまでフィードバック制御される。このとき、吸気流量制御弁5の応答性が、還流ガス制御弁16の応答性よりも早いものとしているので、排気ガス還流率を急変する必要が生じた場合でも、速やかに排気ガス環流率を所定の目標値に変更することが可能となる。

一方、ステップs 110の判定で、変化分 $\Delta R_{SET}$ が基準値 $\Delta R_0$ 以下と判定された場合、すなわち、排気ガス還流率の変化がそれほど大きくない場合には、ステップs 150において、ステップs 110で算出された排気ガスの環流率 $R$ が、排気ガスの環流率 $R$ の目標値 $R_{SET}$ と等しいか否かを判定する。

環流率 $R$ が目標値 $R_{SET}$ より大きい場合には、ステップs 160において、還流ガス制御弁16に出力する開度制御信号CEGを減少させ、還流ガス制御弁16の開度が小さくなるように制御する。そして、ステップs 150に戻り、環流率 $R$ が目標値 $R_{SET}$ に等しくなるまで繰り返される。

一方、環流率 $R$ が目標値 $R_{SET}$ より小さい場合には、ステップs 170において、還流ガス制御弁16に出力する開度制御信号CEGを増加させ、還流ガス制御弁16の開度が大きくなるように制御する。そして、ステップs 150に戻り、環流率 $R$ が目標値 $R_{SET}$ に等しくなるまで繰り返される。

以上のように、ステップs 150, s 160, 170の処理を繰り返すことにより、環流率 $R$ が目標値 $R_{SET}$ に等しくなるまでフィードバック制御される。このとき、還流ガス制御弁16の応答性は、吸気流量制御弁5の応答性よりも遅いものであるということは、より微妙な開度制御が可能であり、正確に、排気ガス環流率を所定の目標値に変更することが可能となる。

なお、以上の説明では、吸気流量制御弁5の応答性が、還流ガス制御弁16の応答性よりも早いものとしたが、逆に、還流ガス制御弁16の応答性が、吸気流量制御弁5の応答性よりも早い場合もある。具体的には、吸気流量制御弁5は、例えば、ボア径が30φのバタフライ弁とし、還流ガス制御弁16が、例えば、シート径が50φのシート弁とすると、このとき、還流ガス制御弁16の応答性が、吸気流量制御弁5の応答性よりも早いものとなる。このような場合には、排気ガス還流率を急変する必要が生じた場合には、応答性の早い還流ガス制御弁16を制御し、急変が不要の場合には、応答性の遅い吸気流量制御弁5を制御して

制御精度が向上するようにする。

以上のようにして、排気ガス還流率を急変する必要がある場合には、応答性の早い方の制御弁を制御することにより、急激な変化にも対応でき、一方、急変が不要な場合には、応答性の遅い方の制御弁を制御することにより、制御精度を向上することができる。

次に、図4を用いて、本実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置における排気ガス環流コントローラのフィードバック制御方法について説明する。

図4は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置において、エンジン7の吸気側の吸気流量制御弁5から排気側のターボチャージャーのタービン9までをモデル化した図である。なお、図1と同一符号は、同一部分を示している。

図4において、吸気流量制御弁5を通過する流量と圧力をそれぞれ $G_1$ ,  $p_1$ とし、ターボチャージャーのタービン9を通過する流量と圧力をそれぞれ $G_3$ ,  $p_3$ とし、還流ガス制御弁16においてエンジン7を基準にしてエンジン7の排気側である還流管13aを通過する流量と圧力をそれぞれ $G_2$ ,  $p_2$ とすると、この系の関係は、以下の式(1)、式(2)、式(3)の連立方程式で表わすことができる。

$$G_1 + G_2 = G_3 = f_3(n_e, \eta_v, p_2) \quad \cdots (1)$$

$$G_1 = f_1(p_1, p_2, \zeta) \quad \cdots (2)$$

$$G_2 = f_2(p_2, p_3, \zeta') \quad \cdots (3)$$

ここで、 $n_e$ ：エンジン回転数、 $\eta$ ：エンジンの体積効率、 $v$ ：エンジン排気量、 $p_1$ ：吸気圧力、 $p_2$ ：エンジンの背圧、 $p_3$ ：ターボチャージャーのタービン背圧、 $\zeta$ ：吸気流量制御弁損失係数、 $\zeta'$ ：還流ガス制御弁損失係数、 $f_1$ ：吸気流量制御弁流量特性、 $f_2$ ：還流ガス制御弁流量特性である。

一方、還流ガス還流率 $R$ は、上述したように、 $R = G_2 / (G_1 + G_2)$ で与えられる。つまり、吸気流量制御弁5を通過する流量 $G_1$ と還流ガス制御弁を通過する流量 $G_2$ の値が求まれば一義的に確定する。

ここで、式(2)で示される通り、吸気流量制御弁5を通過する流量 $G_1$ は、



損失係数  $\zeta$ 、つまり吸気流量制御弁 5 弁の開度により制御可能である。同様に、式 (3) で示される通り、還流ガス制御弁 16 を通過する流量  $G_2$  は、損失係数  $\zeta'$ 、つまり還流ガス制御弁 16 の弁開度により制御可能である。つまり、流量  $G_1$ 、 $G_2$  の値を基に、吸気流量制御弁 5 の弁開度と還流ガス制御弁 16 弁開度との指令系にフィードバック系を組むことにより、還流ガス還流率  $R$  を制御できることになる。

さらに、この場合予め吸気流量制御弁 5 および還流ガス制御弁 14 の流量特性を把握して置くことにより、制御速度の向上が可能となる。すなわち、例えば、吸気流量制御弁 5 を駆動して吸気流量を変化させた場合の単位時間当たりの流量変化分と、還流ガス制御弁 14 を駆動して吸気流量を変化させた場合の単位時間当たりの流量変化分とを予め把握する。そして、吸気流量制御弁 5 を駆動して吸気流量を変化させた場合の単位時間当たりの流量変化分が、還流ガス制御弁 14 を駆動して吸気流量を変化させた場合の単位時間当たりの流量変化分よりも早い場合、すなわち、吸気流量制御弁 5 の応答性が還流ガス制御弁 16 の応答性よりも早い場合には、排気ガス還流率を急変する必要が生じた場合には、吸気流量制御弁 5 を制御することにより、速やかに排気ガス還流率を所定の目標値に変更することが可能となり、制御速度が向上する。

次に、図 5 及び図 6 を用いて、本実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる還流ガス流量検出器 15 の構成について説明する。

図 5 は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる還流ガス流量検出器の第 1 の構成を示す部分断面図である。図 6 は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる還流ガス流量検出器の第 2 の構成を示す部分断面図である。

図 5 に示す還流ガス流量検出器 15 は、環流管内部の圧力により、環流ガス流量を測定するものである。還流管 13 b の内壁面の一部には、絞り部 153 が形成されている。低圧側圧力検知器 152 は、絞り部 153 に検知部が開口するように設けられている。高圧側圧力検知器 151 は、絞り部 153 が設けられていない場所の環流管 13 b に検知部が開口するように設けられている。低圧側圧力検知器 152 と、高圧側圧力検知器 151 とにより、還流管 13 b の内部の圧力

を測定する。低圧側圧力検知器 152 は、絞り部 153 に設けられることにより、ベルヌーイの定理によるベンチュリ効果を利用することができる。排気ガス環流コントローラ 20 は、2 個の圧力検知器 151, 152 の圧力差から、還流管 13b の内部の還流ガス流量  $G_2$  を検知することができる。さらに、環流管 13b の内部を流れる環流ガスの温度を検出する温度センサ 154 を備えている。排気ガス環流コントローラ 20 は、圧力検知器 151, 152 の圧力差から求められた還流ガス流量  $G_2$  を、温度センサ 154 によって検出された環流ガス温度によって補正する。なお、還流ガス流量検出器 15 の内部に、圧力検知器 151, 152 の圧力差から還流ガス流量  $G_2$  を求め、さらに、温度センサ 154 によって検出された環流ガス温度によって補正するための回路素子を備え、還流ガス流量検出器 15 が、環流ガス流量  $G_2$  の検出信号を排気ガス環流コントローラ 20 に出力するようにしてもよいものである。

図 6 に示す還流ガス流量検出器 15A は、熱線式検知器により、環流ガス流量を測定するものである。還流ガス流量検出器 156 は、還流管 13b の壁面に設置されている。また、還流ガス流量検出器 156 には、検知エレメント 157 が設けられており、還流管 13B の内部の還流ガス流量を測定している。検知エレメント 157 には電流が流され、一定温度となるように加熱されている。環流ガスの流量に応じて、検知エレメント 157 から奪われる熱量が変化する。このとき、検知エレメント 157 の温度が一定となるように制御することにより、検知エレメント 157 を流れる電流が環流ガス流量を示す信号となる。この方式では、熱線式検知器を用いるので、質量流量つまり  $G_2$  を直接測定することができる。

以上は、還流ガス流量検出器 15 の構成の説明であるが、吸気流量検出器 2 としても、図 5 に示した圧力を検知する方式のものや、図 6 に示した熱線式のものを用いることができる。

次に、図 7 及び図 8 を用いて、本実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる吸気流量制御弁 5 の特性について説明する。

図 7, 図 8 は、本発明の一実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いる吸気流量制御弁の駆動方式の違いによる特性を示す図である。図 7, 図 8 において、横軸は時間を示し、縦軸は吸気流量制御弁の弁開度を示している。縦軸の

弁開度は、最大開度のときを100%として、百分率で示している。

図7において、実線X1は、吸気流量制御弁5として、電子制御方式のスロットルアクチュエータを用いた場合の弁開度の特性を示している。実線X2は、吸気流量制御弁5として、負圧式のスロットルアクチュエータを用いた場合の弁開度の特性を示している。

実線X2で示す負圧式アクチュエータでは、弁開度Aと全開点であるBのみの2開度しか制御できず還流ガス還流率を前述のフィードバック制御するのが困難である。

一方、実線X1で示すように、電子制御方式のスロットルアクチュエータを用いた場合、弁開度0から全開点Bまで無段階に制御可能であり、フィードバック制御を容易に実現できる。よって、本実施形態に用いる吸気流量制御弁5としては、電子制御方式のスロットルアクチュエータを用いるのが好適である。

次に、図8は、電子制御方式のスロットルアクチュエータの駆動方式の違いによる特性の違いを説明している。実線Y1は、直流電動機によりスロットルバルブを駆動する方式のスロットルアクチュエータにおける応答性を示している。実線Y2は、ステップモータによりスロットルバルブを駆動する方式のスロットルアクチュエータにおける応答性を示している。

ステップモータは、駆動パルスに応じた回転をするためオープンループ制御が可能であるが、図中の実線Y2で示す特性のように、直流電動機方式に比べて応答速度が遅いものである。一般にステップモータは脱調を回避する等の制約から高速化が困難であり、高速化を求める場合ステップモータの大型化ひいてはコスト高を招くものである。

これに対して、直流電動機は、小型で高回転タイプの物が容易に入手でき、さらに、位置のフィードバック制御を行うことで、小型、高速で低コストの駆動原として好適である。

また、制御分解能の観点で見た場合、ステップモータでは駆動ステップが制御分解能となり、高速化と相反する。一方、直流電動機方式の場合、フィードバック制御に用いる位置検出センサの分解能により決まり、ポテンシオメータ等の連続出力方式のものを使用すれば容易に高分解能なフィードバック系が成立する。

したがって、電子制御方式のスロットルアクチュエータの駆動源としては、直流電動機が好適である。なお、ブラシレスモータを採用した場合でも、直流電動機と同様な結果が得られる。

以上説明したように、本実施形態によれば、排気ガス還流率を急変する必要が生じた場合でも、応答性の早い方の制御弁を制御することにより、急激な変化にも対応でき、一方、急変が不要な場合には、応答性の遅い方の制御弁を制御することにより、制御精度を向上することができる。

次に、図 9 ～ 図 11 を用いて、本発明の他の実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置の構成及び動作について説明する。なお、本実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置を用いたエンジンシステムの構成は、図 1 に示したものと同様である。

図 9 は、本発明の他の実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置の制御系のブロック図である。なお、図 1 と同一符号は、同一部分を示している。図 10 は、本発明の他の実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置に用いるマップの構成図である。図 11 は、本発明の他の実施形態による内燃機関の排気ガス還流装置における排気ガス環流コントローラの制御内容を示すフローチャートである。なお、図 3 と同一符号は、同一部分を示している。

図 9 に示すように、本実施形態では、排気ガス環流コントローラ 20A は、その内部に 3 次元マップ 20B を備えている。排気ガス環流コントローラ 20A には、ECU 21 が出力する還流ガス還流率指令値 RSET、吸気流量検出器 2 によって検出された吸気流量信号 G1、還流ガス流量検出器 15 によって検出された還流ガス流量 G2、吸気流量制御弁 5 からの開度信号  $\theta_{TH}$  及び還流ガス制御弁 16 からのストローク信号 STEG が入力する。

排気ガス環流コントローラ 20A は、排気ガスの環流率 R を、吸気流量信号 G1 及び還流ガス流量 G2 から、 $(G2 / (G1 + G2))$  として算出する。排気ガス環流コントローラ 20A は、排気ガスの環流率 R が目標値 RSET となるように、最初にマップ 20B を用いて、還流ガス制御弁 16 に開度制御信号 CEG や、吸気流量制御弁 5 に吸気流量制御信号 CTH を出力し、さらに、フィードバック制御により、還流ガス制御弁 16 に開度制御信号 CEG を出力し、吸気流量制御弁 5 に吸

気流量制御信号 CTH を出力し、これらの弁 16, 5 を制御する。

次に、図 10 を用いて、3次元マップ 20B の内容について説明する。マップ 20B は、新気通路開度  $\theta_{TH}$  (%) と、環流通路開度 S TEG (%) と、環流率 R (%) との 3次元マップである。新気通路開度  $\theta_{TH}$  (%) は、吸気流量制御弁 5 がバタフライ式の弁の場合、最大開度を 100% として、開度信号  $\theta_{TH}$  を百分率で示したものである。環流通路開度 S TEG (%) は、環流ガス制御弁 16 がシートバルブ式の弁の場合、シートバルブの最大ストローク量を 100% として、ストローク信号 S TEG を百分率で示したものである。

図 10 は、あるエンジンの運転状態時において、上述した式 (1), 式 (2), 式 (3) を解いた結果を示している。ここでは、図示の関係で、吸気流量制御弁 5 の指示範囲は開度 5% から 25% まで、同様に還流ガス制御弁 14 の指示範囲は開度 0% から 60% までとなっている。3次元のマップ上の格子点は、還流ガス還流率を満足する吸気流量制御弁 5 弁および還流ガス制御弁の弁開度の関係を示している。3次元マップ 20B は、エンジンの各運転状態に対応する複数の 3次元マップを設けている。そして、エンジンの運転状態に応じたマップを使用して、そのマップ上の格子点を選ぶことにより、オープンループ制御によっても還流ガス還流率を制御することもできる。

ここで、図 10 に示した吸気流量制御弁 5 と還流ガス制御弁 16 の弁開度変化に対するガス還流率の変化を見た場合、吸気流量制御弁 5 の開度変化に対するガス還流率の変化割合の方が、吸気流量制御弁 5 の開度変化に対するガス還流率の変化割合よりも大きくなっている。さらに、電子制御方式のスロットルアクチュエータでは弁開度が 0% から 100% まで動作するのに 100msec 以下のものが実用化されており、図 10 中の 5% から 25% の領域は 20msec 程度で動作可能である。従って、図 10 に示した例では、吸気流量制御弁 5 の応答性が、還流ガス制御弁 16 の応答性よりも早く、還流ガス還流率指令値 R SET が、例えばパルス的に急変した場合でも、電子制御方式のスロットルアクチュエータである吸気流量制御弁 5 を主にして動作させれば、パルス的な指令値の変動にも対応できる。すなわち、過渡的なエンジン運転状態の変化にも対応できる。

次に、図 11 を用いて、排気ガス環流コントローラ 20B の制御内容について

説明する。なお、以下の制御内容は、全て排気ガス環流コントローラ 20B によって実行される。また、図 3 と同ステップ番号は、同一の処理内容を示している。本実施形態では、図 3 の処理に対して、ステップ s 210 ~ s 240 の処理が追加されている。

図 11 のステップ s 100 において、排気ガス環流コントローラ 20B は、吸気流量信号 G1 及び還流ガス流量 G2 から、排気ガスの環流率 R を、 $(G2 / (G1 + G2))$  として算出する。

次に、ステップ s 110 において、ECU 21 から入力した排気ガスの環流率 R の目標値 RSET の変化分  $\Delta RSET$  が、予め設定されている基準値  $\Delta R0$  よりも大きいか否かを判定する。変化分  $\Delta RSET$  が、基準値  $\Delta R0$  よりも大きい場合には、ステップ s 210 に進み、そうでない場合にはステップ s 230 に進む。すなわち、ステップ s 110 では、排気ガスの環流率 R の目標値 RSET が大きく変化したか否かを判定する。内燃機関の過渡的な運転条件変化があり、排気ガス中の有害物質低減のため、排気ガス還流率を急変する必要性が生じたか否かを判定する。

変化分  $\Delta RSET$  が基準値  $\Delta R0$  よりも大きい場合、すなわち、排気ガス還流率を急変する必要性が生じた場合には、ステップ s 210 において、そのときのエンジンの運転状態に応じた 3 次元マップ 20B を用いて、還流ガス還流率指令値 RSET に対応する環流率 R と、環流通路開度 STEG (%) とから、目標とする新気通路開度  $\theta TH$  (%) を求める。

そして、ステップ s 220 において、目標とする新気通路開度  $\theta TH$  (%) となるための開度制御信号 CTH を吸気流量制御弁 5 に出力して、吸気流量制御弁 5 の開度が目標とする新気通路開度  $\theta TH$  (%) となるように、オープンループで制御する。このように、オープンループで新気通路開度  $\theta TH$  (%) となるように、吸気流量制御弁 5 の開度を制御することで速やかに目標とする新気通路開度  $\theta TH$  (%) 付近に制御することができる。

次に、ステップ s 120 において、ステップ s 110 で算出された排気ガスの環流率 R が、排気ガスの環流率 R の目標値 RSET と等しいか否かを判定する。

環流率 R が目標値 RSET より大きい場合には、ステップ s 130 において、吸気流量制御弁 5 に出力する開度制御信号 CTH を減少させ、吸気流量制御弁 5 の開度

が小さくなるように制御する。そして、ステップs 1 2 0に戻り、環流率Rが目標値R SETに等しくなるまで繰り返される。

一方、環流率Rが目標値R SETより小さい場合には、ステップs 1 4 0において、吸気流量制御弁5に出力する開度制御信号CTHを増加させ、吸気流量制御弁5の開度が大きくなるように制御する。そして、ステップs 1 2 0に戻り、環流率Rが目標値R SETに等しくなるまで繰り返される。

以上のように、ステップs 1 2 0, s 1 3 0, 1 4 0の処理を繰り返すことにより、環流率Rが目標値R SETに等しくなるまでフィードバック制御される。以上のように、吸気流量制御弁5の応答性が、還流ガス制御弁16の応答性よりも早いので、排気ガス還流率を急変する必要が生じた場合でも、速やかに排気ガス環流率を所定の目標値に変更することが可能となる。

一方、ステップs 1 1 0の判定で、変化分 $\Delta R$  SETが基準値 $\Delta R$  0以下と判定された場合、すなわち、排気ガス還流率の変化がそれほど大きくない場合には、ステップs 2 3 0において、そのときのエンジンの運転状態に応じた3次元マップ20Bを用いて、還流ガス還流率指令値R SETに対応する環流率Rと、新気通路開度 $\theta$  TH (%) とから、目標とする環流通路開度S TEG (%) を求める。

そして、ステップs 2 4 0において、目標とする環流通路開度S TEG (%) となるための開度制御信号CEGを還流ガス制御弁16に出力して、還流ガス制御弁16の開度が目標とする環流通路開度S TEG (%) となるように、オープンループで制御する。

次に、ステップs 1 5 0において、ステップs 1 1 0で算出された排気ガスの環流率Rが、排気ガスの環流率Rの目標値R SETと等しいか否かを判定する。

環流率Rが目標値R SETより大きい場合には、ステップs 1 6 0において、還流ガス制御弁16に出力する開度制御信号CEGを減少させ、還流ガス制御弁16の開度が小さくなるように制御する。そして、ステップs 1 5 0に戻り、環流率Rが目標値R SETに等しくなるまで繰り返される。

一方、環流率Rが目標値R SETより小さい場合には、ステップs 1 7 0において、還流ガス制御弁16に出力する開度制御信号CEGを増加させ、還流ガス制御弁16の開度が大きくなるように制御する。そして、ステップs 1 5 0に戻り、環流

率 $R$ が目標値 $R_{SET}$ に等しくなるまで繰り返される。

以上のように、ステップ $s150$ 、 $s160$ 、 $s170$ の処理を繰り返すことにより、環流率 $R$ が目標値 $R_{SET}$ に等しくなるまでフィードバック制御される。このとき、還流ガス制御弁 $16$ の応答性は、吸気流量制御弁 $5$ の応答性よりも遅いものであるということは、より微妙な開度制御が可能であり、正確に、排気ガス環流率を所定の目標値に変更することが可能となる。

なお、以上の説明では、吸気流量制御弁 $5$ の応答性が、還流ガス制御弁 $16$ の応答性よりも早いものとしたが、逆に、還流ガス制御弁 $16$ の応答性が、吸気流量制御弁 $5$ の応答性よりも早い場合もある。このような場合には、排気ガス還流率を急変する必要がある場合には、応答性の早い還流ガス制御弁 $16$ を最初にオープンループで制御し、次にフィードバック制御し、急変が不要の場合には、応答性の遅い吸気流量制御弁 $5$ を制御して制御精度が向上するようにする。

以上説明したように、本実施形態によれば、排気ガス還流率を急変する必要がある場合でも、応答性の早い方の制御弁を最初オープンループで制御することにより、速やかに目標開度付近に弁を移動し、次にフィードバック制御することにより、目標開度に収束させることにより、急激な変化にも対応でき、一方、急変が不要な場合には、応答性の遅い方の制御弁を制御することにより、制御精度を向上することができる。

#### 産業上の利用可能性

本発明によれば、内燃機関の排気ガス還流流量制御の応答速度及び精度を向上することができる。



## 請求の範囲

1. 内燃機関の排気ガス還流通路の還流流量を制御する還流ガス制御弁と、内燃機関の吸気通路の流量制御する吸気制御弁とを備えた内燃機関の排気ガス還流装置であって、

前記吸気通路の流量を検出する吸気量検知器と、

前記排気ガス還流通路の排気ガス還流流量を検出する還流量検知器と、

前記吸気流量検知器と前記還流流量検知器の出力に基いて求められた排気ガス環流率が目標の環流率となるように、前記吸気制御弁及び／または前記還流ガス制御弁をフィードバック制御する制御手段を備えたことを特徴とする内燃機関の排気ガス還流装置。

2. 請求項1記載の内燃機関の排気ガス還流装置において、

前記制御手段は、前記環流率の目標値が急激に変化した場合には、前記吸気制御弁及び前記還流ガス制御弁の内、応答性の早い方の弁をフィードバック制御することを特徴とする内燃機関の排気ガス還流装置。

3. 請求項1記載の内燃機関の排気ガス還流装置において、さらに、

前記還流ガス制御弁開度と、前記吸気制御弁開度と、前記環流率との組合せ状態によって定義される3次元マップを複数個備え、

前記制御手段は、内燃機関の運転状態に応じた前記3次元マップを選択し、前記吸気流量検知器と前記還流流量検知器の出力に基いて求められた排気ガス環流率が目標の環流率となるように、前記吸気制御弁及び／または前記還流ガス制御弁を制御することを特徴とする内燃機関の排気ガス還流装置。

4. 請求項2記載の内燃機関の排気ガス還流装置において、

前記制御手段は、前記環流率の目標値が急激に変化した場合には、前記吸気制御弁及び前記還流ガス制御弁の内、応答性の早い方の弁を制御することを特徴とする内燃機関の排気ガス還流装置。

5. 請求項1記載の内燃機関の排気ガス還流装置において、

前記排気ガス還流量検知器は、前記排気ガス還流通路の少なくとも2地点以上の圧力差を基に環流量を検出する検知器若しくは前記排気ガス還流通路の質量流量を検出する検知器であり、

前記吸気量検知器は、前記吸気通路の少なくとも2地点以上の圧力差を基に吸気量を検出する検知器若しくは前記吸気通路の質量流量を検出する検知器であることを特徴とする内燃機関の排気ガス還流装置。

6. 請求項1記載の内燃機関の排気ガス還流装置において、

前記吸気制御弁が、電子制御方式のスロットルアクチュエータであることを特徴とする排気ガス還流装置。

図1

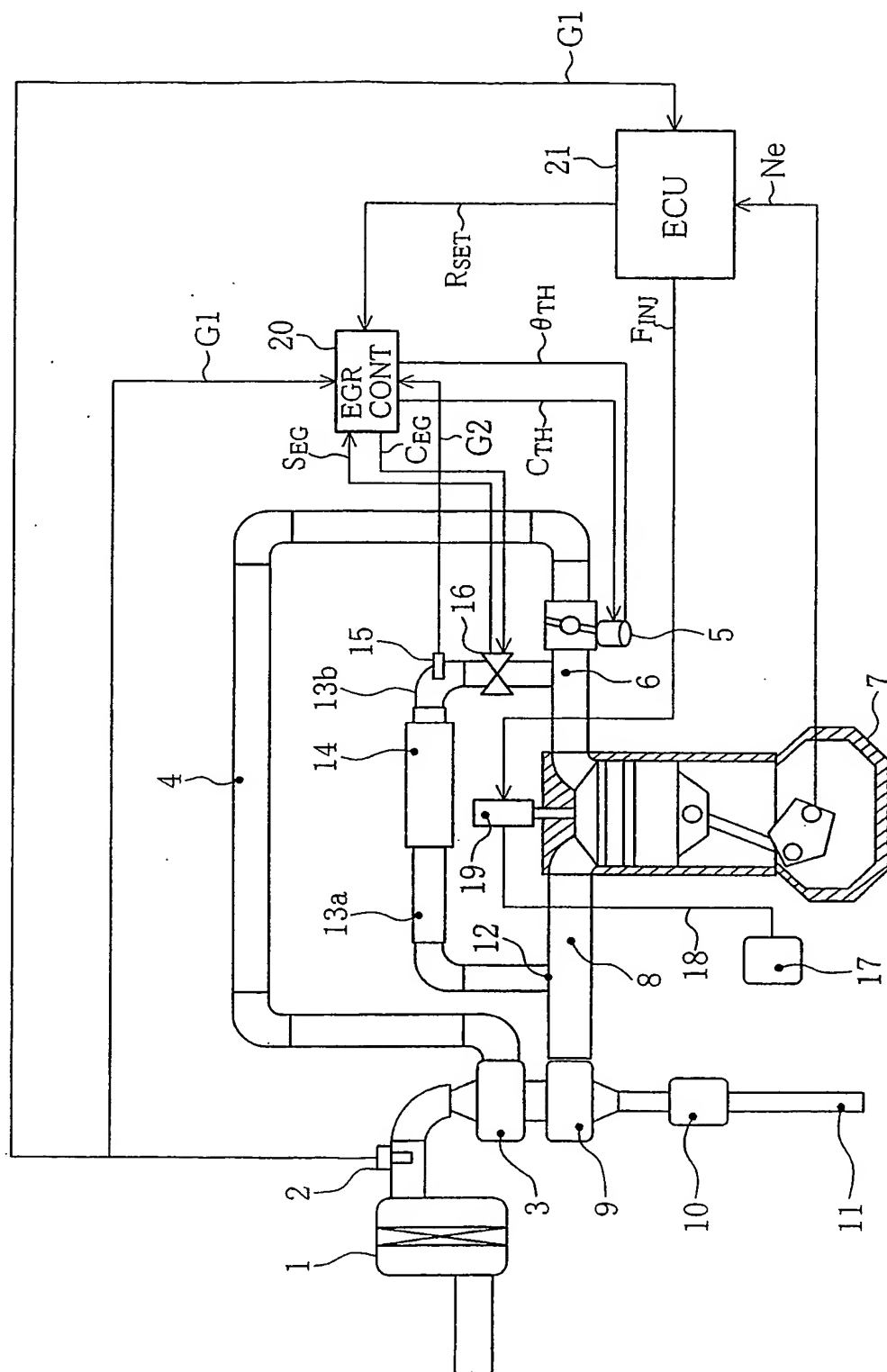


図2

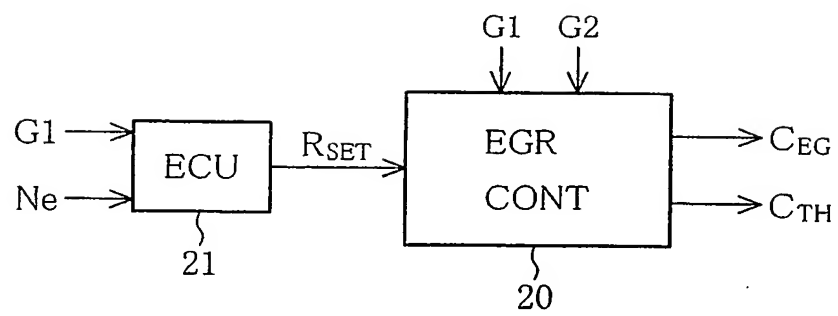


図3

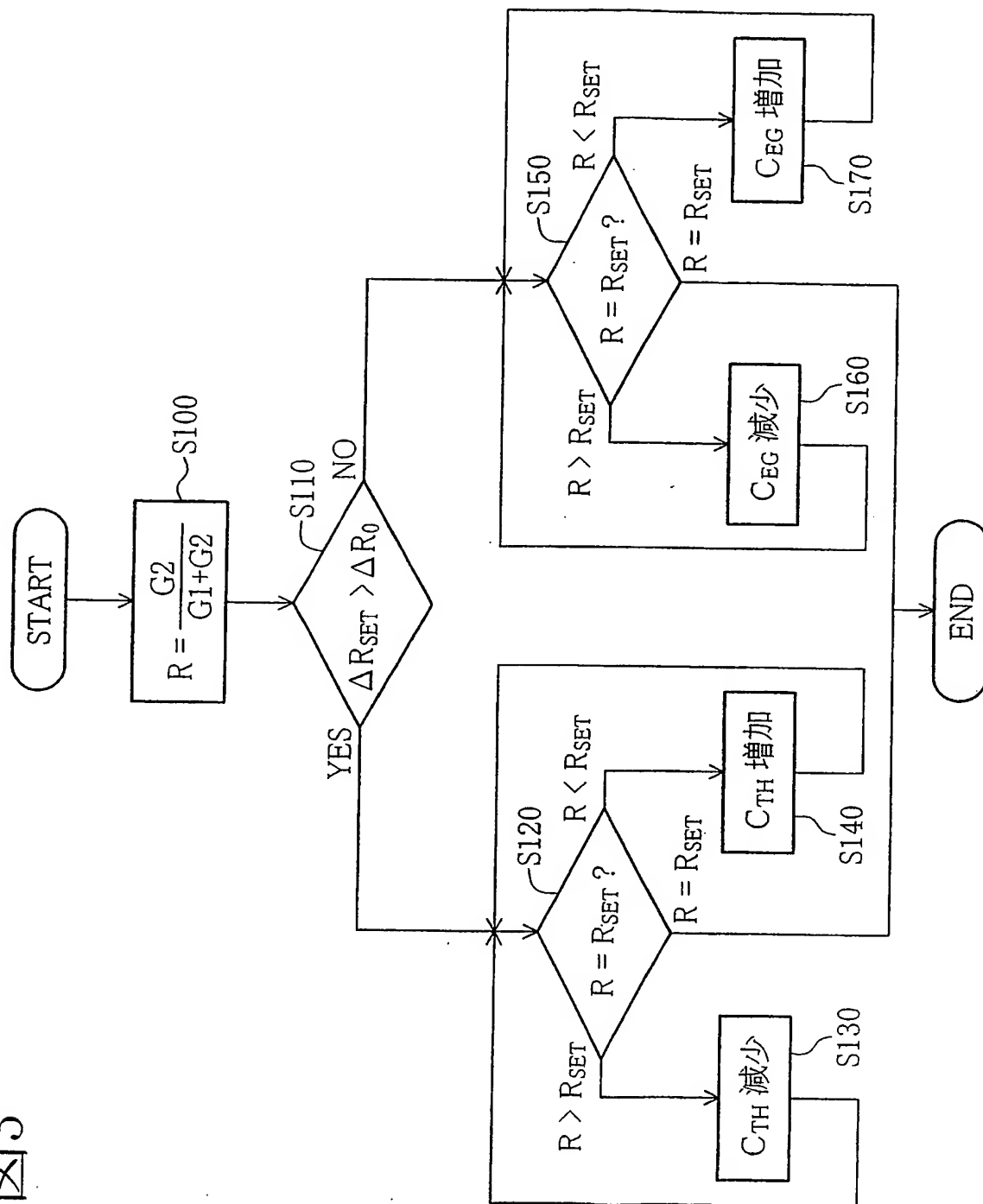


図4

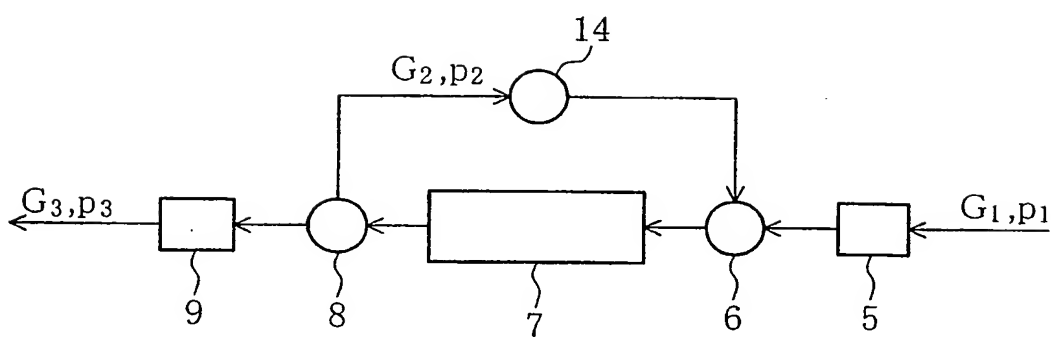


図5

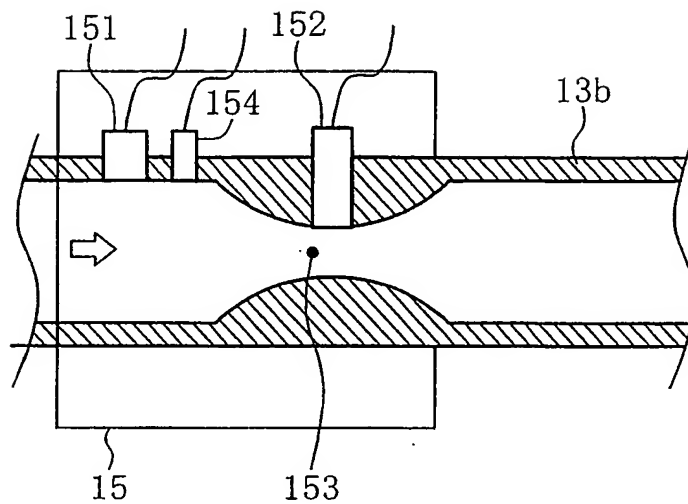


図6

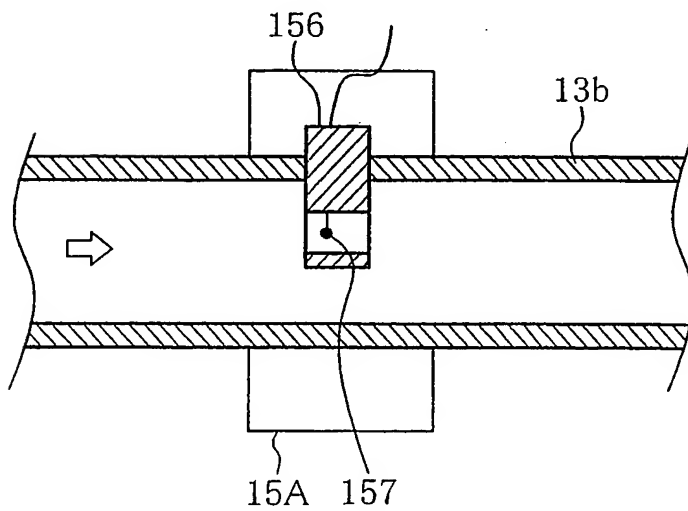


図7

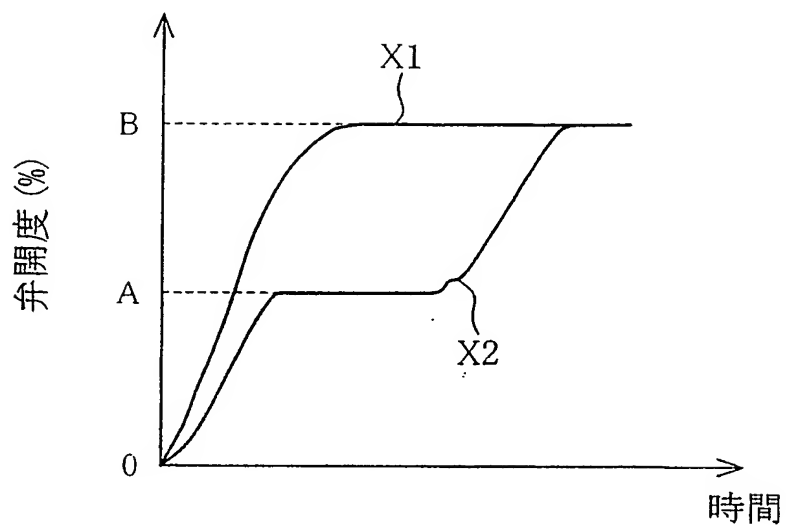


図8

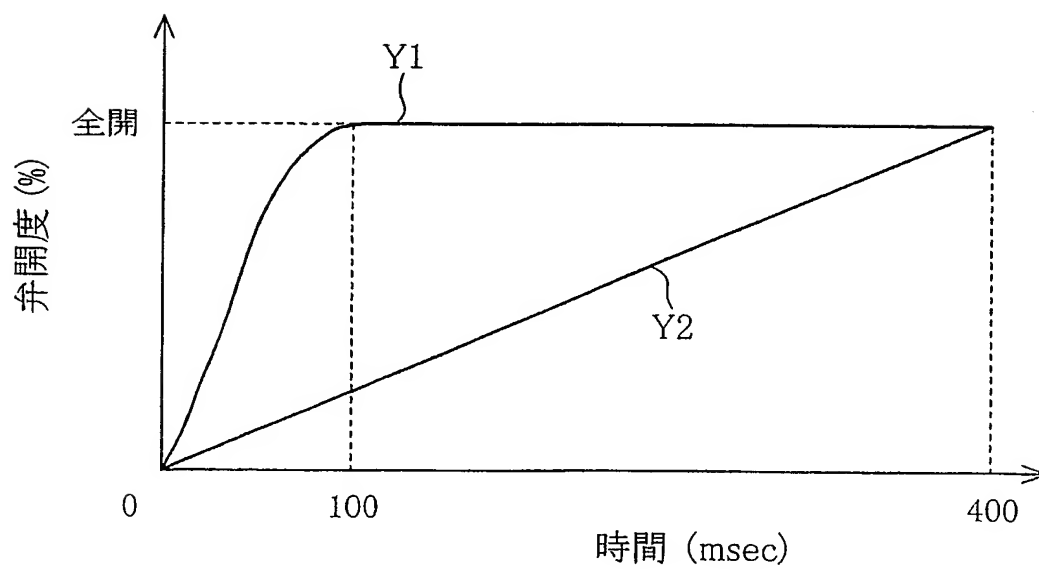




図9

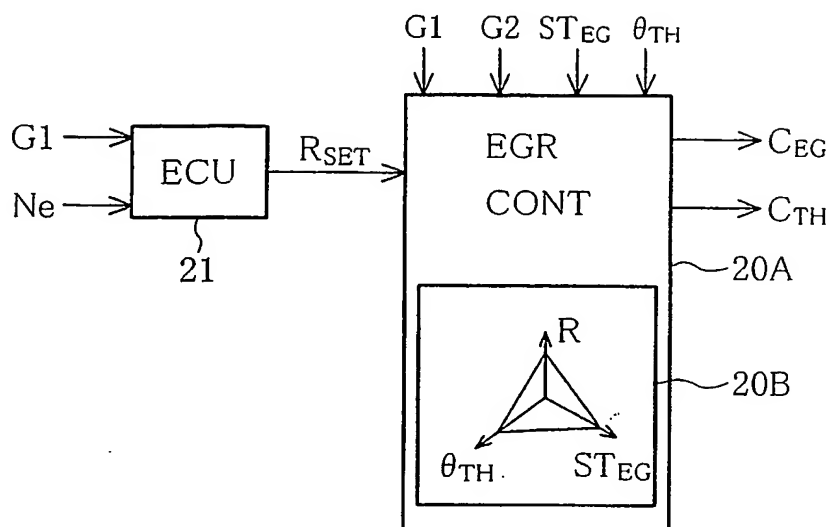


図10

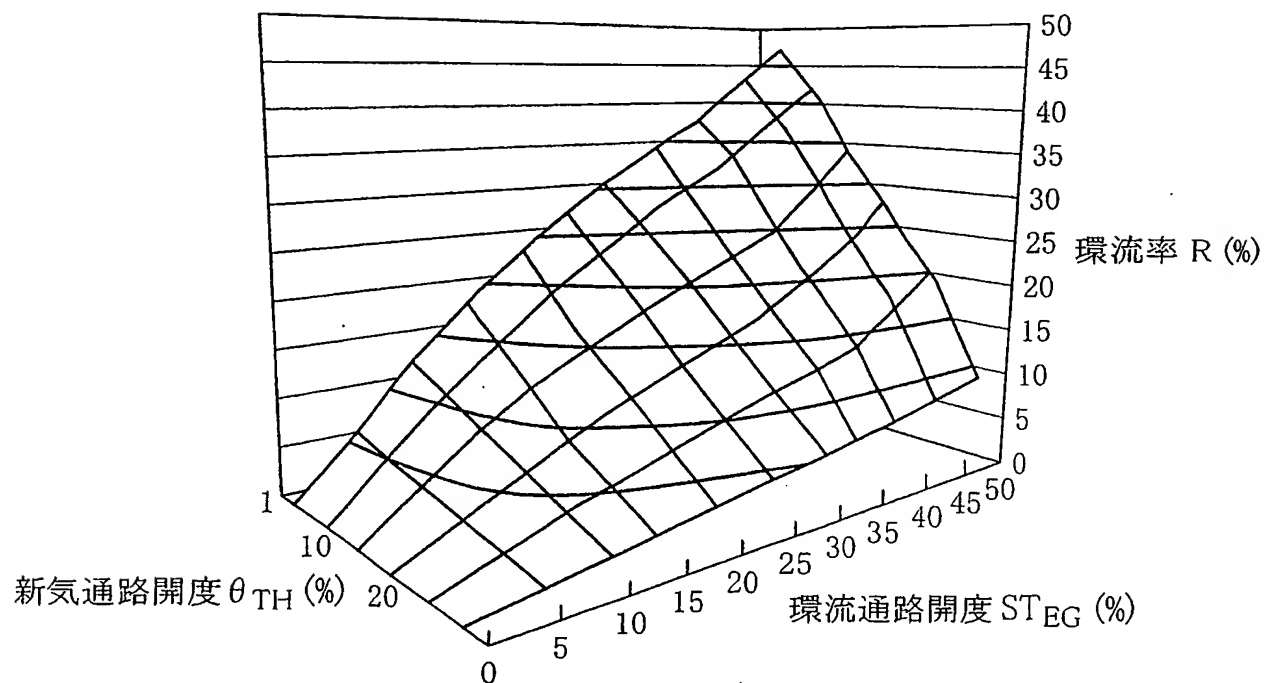


図11

